Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 20, No. 4, Winter 2023, p. 467-480

Effect of end of Season Drought Stress on Morphology, Yield Components and Grain Yield of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Cultivars

H. Aboodeh[1*], A. Bakhshandeh[2], M. R. Moradi Telavat[3], S. A. Siadat[4], S. A. Moosavi[5]

Received: 13-03-2022 Revised: 03-06-2022 Accepted: 05-06-2022	**How to cite this article:** Aboodeh, H., Bakhshandeh, A., Moradi Telavat, M. R., Siadat, S. A., & Moosavi, S. A. (2023). Effect of end of Season Drought Stress on Morphology, Yield Components and Grain Yield of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Cultivars. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *20*(4): 467-480. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.75768.1152

Introduction

Water is now the main limiting factor for crop production in arid and semi-arid regions. Water-cut or irrigation interruption has been suggested as one of the main strategies agro-technique to get the most benefit from limited water resource available. In this regard, plant growth stage, time of stress induction and the genotype are the main key factors to determine the degree of success. Canola is one of the most important oil crop. It can survive some degree of water stress while there is a need for research to find the most appropriate genotypes for plantations in water-limited areas.

Materials and Methods

In order to determine the effect of water stress at the various growing stages of canola genotypes a split-plot experiment was conducted based on the randomized complete block design with three replications at the research farm of the department of plant production and genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran during 2020-2021. Main plots included three irrigation treatments: control (without interruption of irrigation), interruption of irrigation in the beginning of the flowering stage (phenology code 60) to the formation of 50% pods (phenology code 75), and interruption of irrigation in the stage of formation of pods until harvest (Phenology code 99) in the main plots and the cultivars (Long pod, Aram, RGS 003, Jankom, Solar, Hayola 4815, Mahtab, Julius, Agamax and Sala) were arranged in sub-plots with respect to irrigation treatments. At the end of the growing season, plant height, number of branches, silique length, number of pods per plant, number of seeds per pod, 1000 grain weight, and grain oil percentage were measured. Also, after removing the marginal effect, economic performance, biological performance and harvest index were measured.

Results and Discussion

Our results revealed there was a significant interaction effect between irrigation interruption stress and genotype on all studied traits. The number of sub-branch among cultivars varies as a result of Irrigation interruption stress. The genotypes of the long pod and Hayola 4815 had the highest number of branches compared to other genotypes when irrigation was interrupted at the flowering stage up to 50%, while when applied stress at the stage of flowering up to harvest, genotype, solar exhibited the highest number of sub-branch. The lowest number of sub-branches in all interruption of irrigation and control treatments was obtained by

1- Ph.D. Student, Department of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran
2, 4- Professor, Department of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran
3- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran
5- Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Ahvaz, Iran
(*- Corresponding Author Email: hana.abodeh@yahoo.com)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.75768.1152

Jankom genotype. The mean comparisons in the conditions without irrigation interruption (control) the highest percentage of seed oil was obtained from Solar (48.3%), Hayola 4815 and 4815 (46.3%), stress application in flowering stage up to 50% sowing of a long pod (45%) and Hayola 4815 (43%) genotypes in the sowing stress to harvest the highest percentage of seed oil from Sala and Long pod genotypes with average (44.3%) the lowest percentage of seed oil in all present treatments belonged to Jankom genotype. In the present study, the highest (2093.8 $kg.ha^{-1}$) and the lowest (540 $kg.ha^{-1}$) grain yield and the highest (986.51 $kg.ha^{-1}$) and the lowest (191.21 $kg.ha^{-1}$) grain oil yield in both conditions without irrigation interruption (control) and terminal drought stress were obtained from Hayola 4815 and Jankom genotypes, respectively.

Conclusion

The highest and the lowest grain yield, seed oil and biological yield were obtained from Hayola 4815 and Jankom, respectively. According to the results, Hayola 4815, long pod and Solar are highly recommended to cultivate in the regions where there is terminal water stress at the end of the growing season.

Keywords: Oil content, Reduction of grain yield, Spring rapeseed cultivars

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۰، شماره ٤، زمستان ۱٤۰۱، ص ٤٨۰-٤٦٧

تأثیر تنش خشکی انتهای فصل رشد بر مورفولوژی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه ارقام کلزا (*Brassica napus* L.)

هنا عبوده[1*]، عبدالمهدی بخشنده[2]، محمدرضا مرادی تلاوت[3]، سید عطاالله سیادت[4]، سید امیر موسوی[5]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۵

چکیده

این پژوهش جهت بررسی تأثیر قطع آبیاری انتهایی فصل رشد بر مورفولوژی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه ارقام کلزا در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح آبیاری (۱. شاهد (بدون قطع آبیاری)، ۲. قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی (کد فنولوژی ۶۰) تا تشکیل ۵۰ درصد خورجین (کد فنولوژی ۷۵) و ۳. قطع آبیاری در مرحله تشکیل خورجین تا برداشت (کد فنولوژی ۹۹)) در کرت‌های اصلی و عامل فرعی شامل ۱۰ رقم (لانگ‌پاد، آرام، آر جی اس ۰۰۳، جانکوم، سولار، هایولا ۴۸۱۵، مهتاب، جولیوس، آگامکس و سالا) بودند. براساس نتایج برهمکنش قطع آبیاری و رقم به‌صورت معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد بر ویژگی‌های مورد بررسی، به‌جز تعداد دانه در خورجین، طول دوره رشد گلدهی و مجموع نیاز حرارتی گلدهی اثرگذار بود. بیشترین تعداد دانه در خورجین به تیمار بدون قطع آبیاری (۲۵/۳۳) و کمترین آن از تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی (۲۳/۶۳) حاصل شد. بیشترین (۲۰۹۳/۸ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۵۴۰ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه و بیشترین (۹۸۶/۵۱ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۱۹۱/۲۱ کیلوگرم در هکتار) عملکرد روغن دانه در هر دو شرایط بدون قطع آبیاری (شاهد) و اعمال تنش خشکی انتهایی به‌ترتیب از ژنوتیپ‌های هایولا ۴۸۱۵ و جانکوم حاصل شد. براساس نتایج ارقام هایولا ۴۸۱۵، لانگ‌پاد و سولار جهت کشت در شرایط قطع آبیاری مناسب هستند.

واژه‌های کلیدی: ارقام بهاره، جانکوم، درصد روغن، کاهش عملکرد دانه

مقدمه

عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) را می‌توان با رعایت اصول به‌زراعی و به‌نژادی، بهبود بخشید. گزینش ارقام کلزا بر اساس عملکرد دانه و روغن بالا، زودرسی و تحمل نسبت به تنش‌ها می‌باشد (Hu *et al*., 2016). بدین منظور علاوه‌بر معرفی ارقام دارای عملکرد بالا، از حداکثر ظرفیت ژنتیکی ژنوتیپ‌های موجود در شرایط آب و هوایی مختلف می‌توان استفاده نمود. که بخشی از این هدف با به‌کارگیری روش‌های مدیریتی از جمله آبیاری در زمان مناسب به منظور ارتقای عملکرد کمی و کیفی کلزا قابل دستیابی است. تنش خشکی از جمله عواملی است که فرآیند توسعه و کشت کلزا را تحت تاثیر قرار می‌دهد. کلزا همانند گندم در هر دو شرایط آبی و دیم کشت می‌شود و در مراحلی از چرخه زندگی خود تنش خشکی را تجربه می‌کند. علی‌رغم بارش‌های مناسب در طی فصل پاییز، زمستان و اوایل بهار که نیاز آبی کلزای پاییزه را در خلال فصل رویشی تامین می‌کند، در بسیاری از مناطق کشور، طی بحرانی‌ترین مراحل نموی کلزا از جمله خورجین‌دهی و پر شدن دانه، ممکن است هیچ‌گونه نزولات آسمانی وجود نداشته باشد همچنین مراحل ذکر شده با شرایط آب و هوایی گرم اواخر بهار برخورد می‌کنند و نیاز آبی سایر محصولات زراعی بالا می‌باشد، بنابراین امکان طولانی شدن دورهای

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استاد، دانشیار، استاد و استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران

(*- نویسنده مسئول: Email: hana.abodeh@yahoo.com)

https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.75768.1152

آبیاری در طی مراحل حساس نمو محتمل‌تر خواهد بـود. تـاثیر تـنش خشکی در طی مرحله گلدهی بر ویژگی‌های کمـی و کیفـی گیاهـان زراعی نظیر کلزا به خوبی بررسی شده است (Ghassemi Ardestani *et al.*, 2020; Seyed Ahmadi *et al.*, 2016; Zareei Siahbidi & Rezaei Zad, 2019).

هنگامی که گیاه با کمبود آب مواجه می‌گردد، انتقال مواد غـذایی به سوی دانه‌ها تقلیل یافته و عملکرد کـاهش مـی‌یابـد (Khalili & Hamze, 2019). پایین بودن وزن هزار دانه در تیمار قطع آبیـاری در طول دوره‌ی گلدهی، به‌دلیل کاهش فرآیند فتوسـنتز و محـدودیت در انتقال مواد فتوسنتزی جهت پـر شـدن دانـه‌هـا و همچنـین، کـاهش سرعت و دوره پر شدن دانه می‌باشـد (Heidarzade *et al.*, 2015). تنش خشکی و گرما با تسریع رسیدگی از طریق تـاثیر بـر وزن هـزار دانه باعث کاهش درصـد روغـن دانـه مـی‌شـود (Aboodeh *et al.*, 2020; Sedigh *et al.*, 2017). در برخی مطالعات تنش خشـکی در زمان پر شدن دانه بیش‌ترین تاثیر منفی را روی عملکرد داشت (Jain *et al.*, 2010; Seyed Ahmadi *et al.*, 2015). تنش رطوبتی طـی اوایل مرحله‌ی تشکیل خورجین، تعداد خورجین و دانه را بیش‌تر از هر مرحله‌ی دیگری کاهش می‌دهد (Keerthi *et al.*, 2017). در بررسی اثر تنش خشکی بر سویا در انتهای فصل رشـد عملکـرد دانـه، تعـداد غلاف، ماده خشک کـل تحـت تـاثیر تـنش خشـکی کـاهش یافـت (Sepanlo *et al.*, 2014). در یک پـژوهش دیگـر زالـی و همکـاران (Zali *et al.*, 2020) اظهار داشتند که میزان کاهش عملکرد روغن و عملکرد دانه در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی نسبت بـه قطـع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی کلزا بیشتر بود.

ویژگـی‌هـای نمـوی بـه منظـور مطالعـه واکـنش ژنوتیـپ‌هـای محصولات زراعی به شرایط محیطی و جهـت یـافتن عـواملی کـه در بهبود عملکرد اقتصادی دارای اهمیت هستند و به‌طور وسیعی بررسـی شده است. در برنامه‌های اصلاحی، ویژگی‌های رشـدی مـی‌تواننـد در تعیین ویژگی‌هایی که با عملکرد هـای بـالا تحـت شـرایط محیطـی خاص ارتباط دارند، مفید باشد (Nadeem *et al.*, 2002). کمبـود آب با کاهش آماس سلول‌هـای گیـاهی کـه تـاثیر منفـی بـر فرآینـدهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در گیاه دارد، از رشد گیاه ممانعت می‌کنـد (Liang *et al.*, 2018). افزایش سطح تنش خشـکی باعـث کـاهش ارتفاع کلزا نسبت به شاهد می‌گردد؛ وقوع تنش خشکی در ارقام کلـزا کاهش ارتفاع بوته و عملکرد دانه را به دنبال دارد (Kazemi Oskuei *et al.*, 2021). تعداد شاخه فرعی به‌طور غیر مستقیم و از طریق تعداد خورجین که یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد کلزا اسـت بـر عملکـرد دانه اثر می‌گذارد. تعداد شاخه فرعی تحت تـاثیر تـنش خشـکی قـرار گرفته و در تمامی مراحل اعمال تنش خشکی نسبت به شاهد، کاهش داشته است (Farjam *et al.*, 2014). با توجه به این‌که تنش خشکی مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش محیطی است و دوره‌ی رشد زایشـی کلـزا در اکثـر نقـاط بـا تـنش خشـکی مواجـه مـی‌گـردد، لـزوم اجـرای آزمایش‌هایی به منظور بررسی واکنش و گزینش ژنوتیپ‌های مختلـف کلزا از نظر سازگاری و تحمل به تنش خشکی مـی‌توانـد مفیـد واقـع شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سـال زراعـی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعـه پژوهشـی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان با عرض جغرافیـایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه و بـا ۲۲ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. محل اجرای آزمایش از نظر اقلیمـی در گروه اقلیم خشک محسوب می‌شود. شرایط آب و هـوایی ایسـتگاه محل اجرای آزمایش در جدول ۱ و خصوصیات شیمیایی خاک محـل آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقاتی اهواز طی مدت اجرای آزمایش (سال ١٤٠٠-١٣٩٩)
Table 1- Meteorological statistics of Ahvaz Research Station during the experiment (2021-2022)

پارامترها Parameters	ماه Month						
	آبان November	آذر December	دی January	بهمن February	اسفند March	فروردین April	اردیبهشت May
حداقل دمای هوا Absolute minimum temperature (°C)	13.7	11.7	6.2	8.2	10.3	15.5	21.6
حداکثر دمای هوا Absolute maximum temperature (°C)	29.0	20.7	20.3	22.4	24.2	31.9	40.8
بارندگی Precipitation (mm)	63.74	81.6	6.3	10.6	5.4	0	0
حداقل رطوبت نسبی Minimum humidity (%)	33.09	65.7	47.6	36.1	30.5	18.2	16.1
میزان تبخیر Evaporation rate (mm)	118.53	57.6	56.9	103.6	157.34	258.36	327.95

جدول ۲- خصوصیات خاک مزرعه تحقیقاتی

Table 2- Properties of soil research rarm

عمق خاک Depth of soil (cm)	EC $dS.m^{-1}$	نیتروژن (N) $mg.kg^{-1}$	فسفر (P) $mg.kg^{-1}$	پتاس (K) $mg.kg^{-1}$	PH	بافت خاک Soil
0-30	2.81	0.05	9.36	138	7.5	Clay Silt

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح آبیاری (۱. شاهد (بدون قطع آبیاری)، ۲. قطع آبیاری در مرحله شروع گلدهی (کد فنولوژی ۶۰) تا تشکیل ۵۰ درصد خورجین (کد فنولوژی ۷۵) و ۳. قطع آبیاری در مرحله تشکیل خورجین تا برداشت (کد فنولوژی ۹۹))، (Zavareh & Emam, 2003) در کرت‌های اصلی و عامل فرعی نیز شامل ۱۰ رقم (لانگ‌پاد (منشاء ایران)، آرام (منشاء ایران)، آر جی اس ۰۰۳ (منشاء آلمان)، جانکوم (منشاء آلمان)، سولار (منشاء آلمان)، هایولا ۴۸۱۵ (منشاء استرالیا)، مهتاب (منشاء ایران)، جولیوس (منشاء آلمان)، آگامکس (منشاء آلمان) و سالا (منشاء آلمان)) بودند. رقم‌های ذکر شده که بهاره می‌باشند و از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شدند. قابل توجه است که هر کدام از مراحل قطع آبیاری با توجه به مرحله‌ی رشدی هر رقم صورت گرفت. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم با گاوآهن برگردان‌دار و دیسک در مهرماه قبل از کاشت انجام شد و تیمارهای آزمایشی در کرت‌هایی به ابعاد ۳ در ۲/۳۰ متر قرار گرفتند. هر کرت شامل شش خط کاشت به فاصله ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها ۴ سانتی‌متر اعمال شد. کاشت به‌صورت خطی و مسطح انجام شد. فاصله بین کرت‌های فرعی ۰/۵ متر و فاصله بین کرت‌های اصلی ۱/۵ متر تعیین شد. ژنوتیپ‌ها با عمق ۱ تا ۱/۵ سانتی‌متر با حفظ تراکم و فاصله ردیف مناسب کشت شدند.

کودهای شیمیایی سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به‌ترتیب ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت به زمین اضافه شد همچنین نیتروژن خالص از منبع کود اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در طی دو مرحله چهار برگی و بعد از اتمام عملیات تنک و مرحله دوم در شروع غنچه‌دهی استفاده شدند. در طول دوره‌ی قطع آبیاری (ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت) هیچ بارندگی موثری واقع نگردید (جدول ۲). بر همین اساس تیمارهای خشکی انتهای فصل به‌خوبی اعمال گردید.

برای اندازه‌گیری درجه روز رشد، درجه حرارت حداکثر و حداقل هر روز با هم جمع و میانگین آن، از درجه حرارت پایه کسر گردید (دمای پایه کلزا پنج درجه سانتی‌گراد) در نظر گرفته شد. جهت اندازه‌گیری ارتفاع بوته، طول خورجین، تعداد شاخه در بوته و تعداد خورجین در بوته، تعداد پنج بوته از هر کرت آزمایشی در زمان رسیدگی فیزیولوژیک به‌صورت تصادفی انتخاب شد و ویژگی‌های مورد بررسی اندازه‌گیری شد. ۲۰ عدد خورجین از ۱۰ بوته انتخاب و جهت تعیین تعداد دانه در خورجین در نظر گرفته شد. به منظور اندازه‌گیری و محاسبه میزان عملکرد زیستی، دانه و شاخص برداشت تمام بوته‌های موجود در مساحت یک متر طولی از دو ردیف وسط هر کرت را با رعایت اثر حاشیه برداشت صورت گرفت. سپس دو نمونه از هر کرت جهت تعیین وزن هزار دانه برداشت و دانه‌ها شمارش و وزن هزار دانه تعیین گردید. در خصوص شاخص برداشت نیز از نسبت عملکرد خشک دانه به عملکرد ماده خشک کل ضربدر ۱۰۰ حاصل شد.

درصد روغن دانه به روش Porim (1995) اندازه‌گیری گردید. عملکرد روغن نیز از رابطه (۱) محاسبه شد:

(۱) درصد روغن × عملکرد دانه =عملکرد روغن

تجزیه واریانس ویژگی‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۴) انجام شد. مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های آزمایشی با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار محافظت‌شده (FLSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) حاکی از اثر معنی‌دار برهمکنش قطع آبیاری و رقم در سطح احتمال یک درصد بر تعداد شاخه در بوته بود. تعداد شاخه در بوته در ارقام مختلف در واکنش به قطع آبیاری متفاوت بود. ارقام سولار و لانگ‌پاد در اعمال قطع آبیاری در مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی و شاهد بیشترین تعداد شاخه در بوته را نسبت به سایر ارقام داشتند در حالی‌که موقع اعمال قطع آبیاری در مرحله‌ی خورجین‌هی تا برداشت حادث شد، رقم جولیوس تعداد شاخه در بوته بیشتری را تولید کرد. کمترین تعداد شاخه فرعی در تمامی تیمارهای قطع آبیاری و شاهد در رقم جانکوم حاصل شد (جدول ۵). تعداد شاخه در بوته تحت تاثیر ژنتیک و محیط قرار می‌گیرد. تنش با تأثیر منفی بر شاخه و برگ، ارتفاع بوته و زیست‌توده گیاهی عملکرد دانه در بوته را کاهش می‌دهد (Gassemi *et al.*, 2018).

ارتفاع بوته تحت تأثیر برهمکنش قطع آبیاری و رقم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۵) نشان داد بیشترین و کمترین ارتفاع بوته در زمان

اعمال قطع آبیاری در مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی به‌ترتیب به ارقام سولار و جانکوم، در اعمال قطع آبیاری خورجین‌دهی تا برداشت بیشترین و کمترین به‌ترتیب از ارقام جولیوس و هایولا ۴۸۱۵ به‌دست آمد در صورتی‌که در شرایط بدون قطع آبیاری ارقام آرام و مهتاب به‌ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع بوته مشاهده شد. بیش‌تر بودن ارتفاع بوته به‌خصوص در شرایط تنش خشکی می‌تواند در میزان انتقال مجدد ماده خشک و میزان مشارکت آن در دانه‌ها موثر باشد. در ژنوتیپ‌های پابلند میزان ذخایر ساقه جهت استفاده در دوره‌ی پر شدن دانه، به‌ویژه در شرایط تنش خشکی بیش‌تر از ژنوتیپ‌های پاکوتاه است که این ویژگی می‌تواند برای توسعه ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در شرایط تنش در برنامه‌های به‌زراعی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین تنش خشکی، به دلیل کاهش آب و دسترسی میزان جذب عناصر سبب کاهش ارتفاع بوته می‌گردد (Tasdighi *et al*., 2015).

مقادیر طول خورجین (بر حسب سانتی‌متر) در تیمارهای مختلف در جدول ۵ نشان داده شده است. بیشترین طول خورجین در دو مرحله اعمال قطع آبیاری گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی و خورجین‌دهی تا برداشت از رقم لانگ‌پاد و کمترین آن، در مراحل قطع آبیاری و شرایط بدون قطع آبیاری (شاهد) در رقم جولیوس مشاهده شد. هرچه طول خورجین بلندتر باشد، عملکرد دانه بیشتر خواهد بود. اعمال تنش خشکی منجر به کاهش فتوسنتز و انتقال مواد به خورجین‌ها شد و طول آن‌ها تحت تاثیر قرار گرفته و عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Seyed Ahmadi *et al*., 2015).

اجزای عملکرد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش قطع آبیاری و رقم تأثیر معنی‌داری بر تعداد خورجین در بوته داشت (جدول ۳). بیشترین تعداد خورجین در بوته از تیمار بدون قطع آبیاری و بیشترین آن در مرحله قطع آبیاری در مرحله‌ی خورجین‌دهی تا برداشت مشاهده شد. همچنین مقایسه میانگین برهمکنش قطع آبیاری و رقم بر صفت تعداد خورجین در بوته نشان داد بیشترین تعداد خورجین در بوته در تیمار شاهد از ارقام هایولا ۴۸۱۵، سولار، RGS003 و جولیوس مشاهده شد و ارقام هایولا ۴۸۱۵، لانگ‌پاد و آگامکس در قطع آبیاری مرحله‌ی دوم، همچنین هایولا ۴۸۱۵، لانگ‌پاد و RGS003 بیشترین تعداد خورجین در بوته مرحله‌ی سوم قطع آبیاری حاصل شد (جدول ۵). در پژوهش صفوی و همکاران (Safavi *et al*., 2020) نیز تعداد خورجین در بوته تحت تاثیر تنش خشکی معنی‌دار واقع شد؛ در بررسی وی در شرایط تنش آبیاری نرمال، رقم دلگان و در شرایط تنش خشکی آخر فصل هیبریدهای هایولا ۴۰۱ و جرومه جهت توسعه کشت کلزا پیشنهاد شده است.

همچنین جعفرزاده قهدرجانی و همکاران (Jafarzadeh Ghahdrijani *et al*., 2015) گزارش دادند که تعداد خورجین در بوته در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون قطع آبیاری می‌تواند به‌عنوان ویژگی برای انتخاب غیرمستقیم در جهت بهبود عملکرد دانه کلزا واقع شود.

نتایج نشان داد که اثر قطع آبیاری و رقم بر تعداد دانه در خورجین معنی‌دار شد (جدول ۳). بیش‌ترین تعداد دانه در خورجین مربوط به تیمار بدون قطع آبیاری و به مقدار ۲۵/۳۳ دانه و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی و به مقدار ۲۳/۶۳ دانه بود (جدول ۴)؛ تعداد دانه در خورجین نهایتا منجر به کاهش تعداد دانه در بوته شده و این جزء عملکرد نقش مهمی در تعیین عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی دارد.

از آن‌جایی که اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی باعث عقیم شدن دانه‌های گرده و اختلال در فتوسنتز و انتقال مواد ذخیره شده به دانه‌ها می‌گردد می‌تواند دلیلی بر کاهش تعداد دانه در خورجین باشد (Mokari *et al*., 2020). با این حال در پژوهشی گزارش شده است که تنش خشکی در مرحله گلدهی تاثیری بر تعداد دانه در خورجین ندارد (Sinaki *et al*., 2007).

مقایسه میانگین اثر رقم برای تعداد دانه در خورجین نشان داد که بیش‌ترین تعداد دانه در خورجین متعلق به رقم لانگ‌پاد و کمترین مقدار آن از رقم دیررس جانکوم حاصل شد. کمتر بودن تعداد دانه در خورجین رقم جانکوم می‌تواند به دلیل دیررس بودن و مصادف بودن مراحل حساس دوره گلدهی با تنش گرمایی اسفند و فروردین ماه دانست و در نتیجه سقط تعدادی از دانه‌ها می‌باشد.

وزن دانه از جمله اجزای مهم عملکرد دانه در کلزا می‌باشد و براساس دوره و مرحله وقوع تنش، تحت تاثیر واقع می‌شود. برهمکنش قطع آبیاری و رقم بر وزن هزار دانه معنی‌داری شد (جدول ۳). به‌طوری‌که در تیمار بدون قطع آبیاری، ارقام لانگ‌پاد و هایولا ۴۸۱۵ با میانگین ۳/۶۳ و ۳/۶۰ گرم، در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی رقم سالا ۴/۸۰ گرم و قطع آبیاری در مرحله‌ی خورجین‌دهی تا برداشت ارقام مهتاب، جولیوس و آگامکس با میانگین ۴/۵۳، ۴/۴۲ و ۳/۹۸ گرم بیشترین وزن هزار دانه اختصاص یافت (جدول ۵).

با توجه به طول دوره رشدی ارقام و شروع زودتر دوره گلدهی و مصادف بودن آن با هوای خنک، از طرفی طویل بودن طول دوره گلدهی و رسیدگی قبل از تنش گرمایی انتهای فصل سبب شده تا وزن هزار دانه ارقام بالاتر گردد (جدول ۹) البته ویژگی‌های ژنتیکی ارقام نیز می‌تواند بر وزن هزار دانه موثر واقع شود. به‌طور کلی وزن هزار دانه در گیاه تابع توانایی گیاه در فراهم کردن مواد پرورده برای مخزن و همین‌طور عناصر غذایی لازم در هنگام پر شدن دانه است.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات زراعی ارقام کلزا تحت شرایط قطع آبیاری

Table 3- Analysis of variance for agronomical traits in canola genotypes under interruption of irrigation condition

ضریب تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean square										
		تعداد شاخه فرعی Number of branches	ارتفاع بوته Plant height	طول خورجین Silique length	تعداد خورجین در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در خورجین Number of seeds per pod	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد زیستی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد روغن Oil (%)	عملکرد روغن دانه Grain yield
بلوک (R)	2	30.50^{ns}	155.05^{ns}	0.30^{ns}	2747.9^{ns}	1.6^{ns}	0.2^{ns}	55754.5^{ns}	1814270.9^{ns}	6.1^{ns}	3.34^{ns}	44514831^{ns}
قطع آبیاری Interruption of irrigation (I)	2	17.09*	654.5^{ns}	2.7*	*15765.5	21.8*	0.3^{ns}	1531852.6**	7/445741^{ns}	550.5^{ns}	83.14*	4018814408**
خطای اصلی(Ea)	4	2.4	688.9	0.2	2209.4	3.03	0.1	48299.1	9364275.4	135.33	13.47	58730190
رقم Cultivar (C)	9	5.60**	666.1**	6.3**	25044.5**	23.1**	2.02**	7128820.6**	3348420.9**	96.5**	67.55**	1727931509**
I*C	18	5.5**	424.8**	0.6**	**5164.01	4.1^{ns}	0.1**	48648.6*	1612135.3**	132.3**	21.16*	148769436*
خطای فرعی (Eb)	54	1.7	81.8	0.1	1413.8	3.5	0.06	28266.2	547438.2	34.1	10.21	75230429
CV (%)		18.8	6.9	7.3	15.7	7.7	7.1	13.4	14.8	22.4	7.8	16.7

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری و رقم برای تعداد دانه در خورجین

Table 4- Mean comparision for the effect of irrigation and cultivar treatments on the number of seeds per pod

قطع آبیاری Interruption of irrigation	تعداد دانه در خورجین Number of seeds per pod
بدون قطع آبیاری (شاهد) Without interruption of irrigation	25.32
تنش در مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی Interruption of irrigation in the beginning of flowering stage	24.46
تنش در مرحله خورجین‌دهی تا برداشت Interruption of irrigation in the stage of formation of pods until harvest	23.63
$LSD_{0.05}$	1.24
رقم Cultivar	تعداد دانه در خورجین Number of seeds per pod
لانگ‌پاد Long Pod	26.01
آرام Aram	22.12
آرجی‌اس ۰۰۳ RGS003	24.73
جانکوم Gancom	21.81
سولار Solar	25.62
هایولا ۴۸۱۵ Hayola 4815	26.55
مهتاب Mahtab	24.76
جولیوس Jolius	23.15
آگامو (آگامکس) Agamax	24.90
سالا Sala	25.10
$LSD_{0.05}$	1.77

در صورت اعمال تنش‌ها از جمله تنش خشکی، هرچه تعداد مخزن کم باشد، سهم هر مخزن از مواد پرورده، افزایش یافته و در نتیجه دانه‌ها درشت‌تر و وزن هزار دانه نیز افزایش می‌یابد (Heidarzadeh *et al*., 2015; Zhang *et al*., 2013). نتایج حاصل از پژوهش صفوی‌فرد و همکاران (Safavi *et al*., 2020) در پاسخ ارقام و هیبریدهای کلزا در شرایط تنش خشکی انتهایی رقم دلگان از پایداری بالایی از لحاظ صفت وزن هزار دانه در بین ارقام برخوردار بود و در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد، رقم دلگان با میانگین ۲/۷۰ و در شرایط قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد هیبریدهای هایولا ۴۰۱ و جرومه ۲/۰۹ ۲/۰۴ بالاترین وزن هزار دانه را داشتند.

درصد روغن دانه

براساس نتایج (جدول ۳) معنی‌دار بودن برهمکنش قطع آبیاری و رقم برای درصد روغن دانه نشان داد که ارقام کلزا نسبت به شرایط قطع آبیاری واکنش متفاوتی از خود نشان داده‌اند. مقایسات میانگین ارائه شده در جدول ۵ نشان داد که در شرایط بدون قطع آبیاری (شاهد) بیشترین درصد روغن دانه از ارقام سولار (۴۸/۳ درصد) و هایولا ۴۸۱۵ (۴۶/۳ درصد)، اعمال قطع آبیاری در مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی ارقام لانگ‌پاد (۴۵ درصد) و هایولا ۴۸۱۵ (۴۳ درصد) و قطع آبیاری خورجین‌دهی تا برداشت بیشترین مقدار درصد روغن دانه از ارقام سالا و لانگ‌پاد با میانگین (۴۴/۳ درصد)

به‌دست آمد همچنین کمترین میزان درصد روغن دانه در تمامی تیمارهای آزمایش حاضر به رقم جانکوم تعلق داشت.

کم بودن میزان روغن دانه به دلیل تنش می‌تواند ناشی از کوتاه شدن دوره پر شدن دانه و کاهش وزن دانه باشد (Aboodeh et al., 2020). پژوهش ناظری و همکاران (Nazeri et al., 2021) نشان داد که کاهش در دسترس بودن کربوهیدرات‌ها برای سنتز روغن در اثر تنش خشکی سبب کاهش درصد روغن می‌شود. با این حال در برخی از مطالعات نیز به عدم تاثیر تنش خشکی بر درصد روغن دانه کلزا اشاره شده است (Zareei Siahbidi & Rezaei Zadhe, 2019). به نظر می‌رسد که میزان متفاوت درصد روغن دانه به ویژگی‌های ژنتیکی مربوط باشد که ارقام و توانایی آن‌ها را در ذخیره روغن در مرحله‌ی پر شدن دانه نشان می‌دهد.

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش قطع آبیاری و رقم برای ویژگی‌های مورد مطالعه

Table 5- Mean comparision for the interaction effect of irrigation and cultivar treatments on the studied treaits

آبیاری Iirrigation	رقم Cultivar	تعداد شاخه در بوته Branche Number/plant	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول خورجین Silique Length (cm)	وزن هزار دانه 1000 seed weight (g)	عملکرد زیستی Biological Yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)	درصد روغن Oil content (%)
بدون قطع آبیاری (شاهد) Without interruption of irrigation	Long pod	10.20	125.7	8	3.63	4527.1	40.5	43.33
	Aram	7.30	144	5.91	3.30	5984.1	24.6	37
	RGS003	8.10	122.43	5.70	3.20	5155.7	26.6	44.66
	Jancom	6.63	143.96	5.98	2.43	3855	22.4	38
	Solar	8.49	143.06	5.51	2.90	5370.1	31.6	48.33
	Hayola 4815	8.43	116.86	5.68	3.60	7201.3	24.2	46.32
	Mahtab	7	108.33	5.86	3.26	3397.2	40.1	45.33
	Julius	7.46	120.33	4.75	2.83	6038.6	20.07	36
	Agamax	7.03	116.23	5.99	3.20	4454.5	32.7	45
	Sala	8.40	126.10	5	2.90	4240.1	35.5	42.33
	$LSD_{0.05}$	2.22	11.72	0.68	0.44	879.94	11.09	5.27
قطع آبیاری در مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی Interruption of irrigation in the beginning of flowering stage	Long pod	5.50	143.30	7.45	4	5242.9	24.3	45
	Aram	7.66	133.13	5.18	3.20	4708.8	22.2	40
	RGS003	6.70	126.56	5.72	3.30	4599.8	23.1	39.33
	Jancom	5.33	105.1	4.27	4.38	4608	11.89	35.33
	Solar	10.43	153.3	5.52	3.60	5464.5	20.12	41
	Hayola 4815	5.46	115.12	5.55	2.72	5711.6	32.95	43
	Mahtab	8.93	125.66	5.63	3.79	4546.2	21.34	41.33
	Julius	5.20	145.83	3.50	3.16	5217.1	21.64	40
	Agamax	7.53	120.56	5.81	3.34	4879.6	22.11	38.33
	Sala	7.53	144.33	4.86	4.80	5955	20.53	41
	$LSD_{0.05}$	2.24	16.71	0.66	0.53	1569.6	10.79	6.35
قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی تا برداشت Interruption of irrigation in the stage of formation of pods until harvest	Long pod	7.50	140.73	6.45	3.76	5668	20.56	44.33
	Aram	7.30	122.13	4.13	2.87	4003.9	26.98	39
	RGS003	5.1	130.66	5.56	3.09	4809.6	24.41	38.66
	Jancom	4.40	140.8	4.29	3.89	3364.5	22.18	35
	Solar	6.23	135.1	5.49	3.22	5024.9	29.44	39.33
	Hayola 4815	7.33	115.96	5.61	3.88	5886	33.13	40.33
	Mahtab	6.90	134.4	6.06	4.53	5613.5	18.48	41.33
	Julius	8.10	151.36	3.9	4.43	4763.3	28.82	36
	Agamax	5.30	139.46	5.76	3.98	4476.3	27.25	38.33
	Sala	5.50	149.16	5.56	3.58	4857.8	23.92	44.33
	$LSD_{0.05}$	2.21	18.07	0.67	0.42	997.72	6.20	5.28

جدول ٦- مقایسه میانگین برهمکنش قطع آبیاری و رقم بر ویژگی‌های مورد مطالعه

Table 6- Mean comparision for the interaction effect of irrigation and cultivar treatments on the studied treaits

آبیاری Iirrigation	رقم Cultivar	تعداد خورجین در بوته Number of pods per plant	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	عملکرد روغن Grain yield (kg.ha^{-1})	طول دوره رشد رسیدگی Growth period maturation (day)	مجموع نیاز حرارتی رسیدگی Total heat requirement maturation (day)
بدون قطع آبیاری (شاهد) Without interruption of irrigation	Long pod	228	1971.49	893.27	150	2004.70
	Aram	197.50	1597.71	590.47	149	1980.87
	RGS003	262	1363	612.62	152	2056.70
	Jancom	211.33	832.07	316.64	153.66	2101.03
	Solar	406	1857.03	897.88	150.66	2021.70
	Hayola 4815	420.33	2093.76	968.51	139	1750.70
	Mahtab	218	1689.60	766.90	150.33	2013.20
	Julius	262	1208.88	436.91	153.66	2101.03
	Agamax	240.33	1442.22	655.54	150.66	2021.70
	Sala	196	1605.19	680.44	150.66	2021.70
	$LSD_{0.05}$	89.27	291.72	178.53	1.34	34.86
قطع آبیاری در مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی Interruption of irrigation in the beginning of flowering stage	Long pod	265.33	1273.96	575.54	150.66	2021.70
	Aram	179.67	1020.80	449.96	148.66	1974.37
	RGS003	199.17	1061.82	417.78	150	2005.20
	Jancom	183.33	539.98	191.21	152.33	2073.87
	Solar	200.33	1031.44	424.44	148	1972.87
	Hayola 4815	360.67	1696.06	729.74	138.66	1743.20
	Mahtab	158.50	1011.18	416.70	148	1972.87
	Julius	199.17	1266.47	506.17	152.33	2065.03
	Agamax	254.67	1075.02	411.85	148.66	1972.87
	Sala	195	841.19	344.94	148	1972.87
	$LSD_{0.05}$	48.15	323.18	136.94	1.53	36.49
قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی تا برداشت Interruption of irrigation in the stage of formation of pods until harvest	Long pod	267	1141.48	505.20	150	2004.70
	Aram	196.33	1075.67	419.86	150.66	2021.70
	RGS003	248	1194.25	460.50	150.33	2014.53
	Jancom	157.43	743.05	259.92	153.66	2101.03
	Solar	239.67	1322.48	521.24	150	2004.70
	Hayola 4815	306.33	1935.58	782.99	138.33	1735.70
	Mahtab	231	1002.58	409.49	150	2005.20
	Julius	222.33	1276.35	459.88	153.66	2101.03
	Agamax	225	1217.60	453.86	150	2004.70
	Sala	232.33	1116.89	500.82	150	2004.70
	$LSD_{0.05}$	62.63	172.77	111.82	1.36	33.73

براساس مقادیر عملکرد دانه ارایه شده در جدول ۶ کمترین و بیش‌ترین عملکرد دانه در هر دو شرایط بدون قطع آبیاری (شاهد) و اعمال قطع آبیاری به‌ترتیب از ژنوتیپ جانکوم و هایولا ۴۸۱۵ حاصل شده است. تاثیر منفی تنش بر عملکرد دانه از طریق تاثیر بر اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه می‌باشد. در بررسی دیگری مشخص شد که اعمال قطع آبیاری از مرحله‌ی خورجین‌دهی و گلدهی به بعد به‌ترتیب باعث کاهش ۳۳ و ۵۸ درصدی عملکرد دانه می‌گردد (Qasemian Ardestani *et al.*, 2020).

عملکرد دانه

تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که عملکرد دانه تحت برهمکنش قطع آبیاری و رقم معنی دار شد.

عملکرد روغن دانه

بر اساس تجزیه واریانس برهمکنش عملکرد روغن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گشت (جدول ۳). تغییرات عملکرد روغن به‌عنوان عملکرد اقتصادی در گیاهان روغنی ممکن است با تغییر درصد روغن دانه و عملکرد دانه یا هر دو مرتبط باشد (Aboodeh *et*

(Seyed Ahmadi *et al*., 2015; *al*., 2020). در پـژوهش حاضـر کاهش عملکرد روغن دانه در اثر قطع آب با کـاهش درصـد روغـن و مخصوصا عملکرد دانه (جـدول ۶) در شـرایط قطـع آبیـاری انتهـایی ارتبـاط دارد. در ایـن راسـتا نتـایج پـژوهش مـام نبـی و همکـاران (Mamnabi *et al*., 2021) نشان داد که کاهش یا عدم آبیاری باعث کاهش عملکرد دانه و میزان روغن و در نهایت عملکـرد روغـن دانـه شد.

عملکرد زیستی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر قطع آبیاری بـر ژنوتیـپ‌هـای کلزا از نظر عملکرد زیستی گویای آن بود که قطع آبیاری و رقم تـأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر این صفت داشـتند (جـدول ۳). در شرایط بدون اعمال تنش و اعمال تنش در مرحله خورجین‌دهی تا برداشت با قطع آبیاری عملکرد زیستی تغییر یافـت. در صـورتی‌کـه عملکرد زیسـتی بـا اعمـال تـنش مرحلـه گلـدهی تـا ۵۰ درصـد بـر ژنوتیپ‌هـای کلـزا معنـی‌دار نبـود. بـالاترین مقـدار عملکـرد زیسـتی به‌ترتیب با میانگین ۷۲۰۱/۳ و ۶۰۳۸/۶ به برهمکنش شـاهد و ارقـام هایولا ۴۸۱۵ و جولیوس و پایین‌ترین مقادیر عملکرد زیستی به‌ترتیب با میانگین‌های ۴۰۰۳/۹ و ۳۳۶۴/۵ به برهمکنش تیمار قطع آبیاری و رقم آرام و جانکوم مربوط بود (جدول ۶). از جمله مراحـل حسـاس در کلزا، مراحل گلدهی و نمو خورجین‌ها می‌باشد و علت کاهش عملکرد در شرایط تنش می‌تواند ناشی از پیری و ریزش برگ گیاه در شـرایط تنش خشکی باشد. همچنین یکی از دلایل افت عملکرد رقم جـانکوم نسبت به سایر ارقام براساس موارد گفته شده در عملکرد و حساسیت این رقم نسبت به قطـع آبیـاری بیـان نمـود. در پـژوهش زیرگلـی و کهریـزی (Zirgoli and Kahrizi, 2015) روی ۱۰ واریتـه کلـزا، گزارش کردند عملکرد بیولوژیک تمامی واریته‌ها تحت شـرایط تـنش خشکی کاهش نشان داد. در مطالعه‌ی دیگری در خصوص اثـر تـنش خشکی بر سویا کمترین و بیش‌ترین عملکرد زیسـتی از تیمـار تـنش شدید خشکی و شاهد مشاهده شد (Sepanlo *et al*., 2014).

شاخص برداشت

شاخص برداشت یکی از شاخص‌هایی مهم فیزیولوژیکی است که بیانگر درصد انتقال مواد فتوسنتزی از اندام رویشی گیاه به دانه اسـت. در آزمایش حاضر برهمکنش قطع آبیاری و رقـم بـر صـفت شـاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). با اعمال قطع آبیاری میزان شاخص برداشت در شرایط شاهد و قطع آبیـاری در مرحله‌ی گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی به‌طور معنی‌دار تغییر یافت در حالی‌که در شرایط اعمال قطع آبیاری در مرحله‌ی خورجین‌دهی تـا برداشت نتایج معنی‌داری مشاهده نشد. در بین ارقام مـورد بررسـی در شرایط بدون قطع آبیاری (شاهد) بیش‌ترین شاخص به رقم لانگ‌پـاد اختصاص یافت و در شرایط قطع آبیـاری از مرحلـه گلـدهی بـه بعـد به‌ترتیب از ارقام هایولا ۴۸۱۵ و سولار حاصـل شـد (جـدول ۶). بـالا بودن شاخص برداشت ارقـام در شـرایط بـدون قطـع آبیـاری و قطـع آبیاری در مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی می‌تواند بـه دلیـل بالا بودن تعـداد خـورجین در بوتـه و تعـداد دانـه در خـورجین باشـد. ژنوتیپ‌هایی که شاخص برداشت بالاتری دارند در شرایط تنش سـهم بالاتری از مواد فتوسنتزی را بـه سـمت دانـه‌هـا ارسـال نمـوده‌انـد و عملکرد بـالاتری خواهنـد داشـت (Khayat Moghaddam *et al*., 2022). علت بیش‌تر بودن شاخص برداشت رقم لانگ‌پاد نسـبت بـه سایر ارقام را می‌توان به کاهش کمتر عملکرد دانه و عملکرد زیسـتی در شرایط قطع آبیـاری و بـدون اعمـال قطـع آبیاری ارتبـاط داد. در خصوص مدیریت و به‌نژادی ارقام این امر نشان می‌دهـد کـه توانـایی ارقام در انتقال و انباشتن مواد فتوسنتزی به‌خصوص از برگ به دانه‌ها در شرایط تنش، از عوامل مهم در افزایش عملکرد می‌باشد.

جدول ۷- تجزیه واریانس میانگین مربعات طول دوره رشد و مجموع نیاز حرارتی

Table 7- Analysis of variance of mean of squares growth period length and total heat requirement

S.O.V	d.f	Flowering	طول دوره رشد Growth period (day) Maturation	Flowering	مجموع نیاز حرارتی Total heat requirement Maturation
Blok بلوک	2	1.98^{ns}	0.54^{ns}	458.86^{ns}	398.83^{ns}
قطع آبیاری Interruption of irrigation	2	12.87*	12.41*	2678.95*	7229.03*
Error a خطای a	4	1.62	1.22	309.85	760.85
Cultivar رقم	9	61.31**	147.46**	1697.65**	82894.5**
I*C	18	1.54^{ns}	1.16*	295.34^{ns}	710.57*
Error b خطای b	54	1.15	0.65	286.16	401.32
CV (%)		4.2	0.5	5.1	1.0

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

ns, * and ** are non-significant and significant at the 1% and 5% levels, respectively.

براساس پژوهش سید احمدی و همکاران (Seyed Ahmadi *et al*., 2015) مشخص شد که تنش خشکی در مرحله گلدهی باعث کاهش معنی‌دار شاخص برداشت می‌گردد.

تجزیه واریانس اثر قطع آبیاری و اثر رقم بر طول دوره‌ی رشد گلدهی و اثر برهمکنش آن‌ها بر کل دوره‌ی رشد گیاه معنی‌دار بود (جدول ۷). طول دوره‌ی گلدهی در تیمار بدون قطع آبیاری با میانگین (۲۶/۴۶ روز) حاصل شد در صورتی‌که در هر دو مرحله قطع آبیای اختلاف آماری معنی‌داری با همدیگر نداشت (جدول ۸).

جدول ۸- مقایسه میانگین طول دوره رشد و مجموع نیاز حرارتی در قطع آبیاری انتهای فصل رشد

Table 8- Mean comparison for mean growth period and total thermal time requirements under irrigation cut at the end of the growing season

قطع آبیاری Interruption of irrigation	طول دوره رشد گلدهی Flowering growth period	مجموع نیاز حرارتی مرحله گلدهی Total heat requirement during flowering
بدون قطع آبیاری (شاهد) Without interruption of irrigation	26.46	343.13
تنش در مرحله گلدهی تا ۵۰ درصد خورجین‌دهی Interruption of irrigation in the beginning of flowering stage	25.23	325.35
تنش در مرحله خورجین‌دهی تا برداشت Interruption of irrigation in the stage of formation of pods until harvest	25.46	328.70
$LSD_{0.05}$	0.91	12.61
رقم Cultivar	گلدهی Flowering	گلدهی Flowreing
لانگ‌پاد Long Pod	23.33	333.83
آرام Aram	25.33	321.33
آرجی‌اس ۰۰۳ RGS003	25.68	327.44
جانکوم Gancom	22.67	322.55
سولار Solar	26.22	335.27
هایولا ۴۸۱۵ Hayola 4815	29.77	359.44
مهتاب Mahtab	26.24	325.43
جولیوس Jolius	23.77	324.51
آگامو (آگامکس) Agamax	30.33	359.55
سالا Sala	26.05	320.5
$LSD_{0.05}$	1.01	16.98

مجموع درجه روز در مرحله‌ی گلدهی نشان داد که قطع آبیاری نسبت به شرایط بدون اعمال قطع آبیاری، مقدار مجموع درجه روز در هر مرحله را کاهش داد، همچنین مجموع درجه روز مورد نیاز برای دوره‌ی گلدهی ارقام با همدیگر متفاوت بود. بیشترین نیاز حرارتی طول مرحله‌ی گلدهی از ارقام هایولا ۴۸۱۵ و آگامکس به‌دست آمد.

برهمکنش قطع آبیاری و رقم بر مجموع نیاز حرارتی و درجه روز دوره رسیدگی نشان داد در هر دو مراحل قطع آبیاری اعمال شده کمترین مجموع نیاز حرارتی مربوط به هایولا ۴۸۱۵ و بیشترین آن از ارقام جولیوس و جانکوم مشاهده شد (جدول ۶). از آن‌جایی که مراحل حساس دوره‌ی گلدهی و پر شدن دانه با قطع آبیاری و از طرف دیگر،

تنش گرمایی اسفند و فروردین‌ماه و اوایل اردیبهشت‌ماه به‌خصوص ارقام دیررس جانکوم و جولیوس مواجه شده و سبب کاهش عملکرد دانه، ماده خشک کل و دوره‌ی زایشی می‌شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به این‌که قطع آبیاری در مراحل انتهایی فصل رشد از عوامل محدودکننده توسعه کشت کلزا در مناطق گرم و خشک از جمله خوزستان می‌باشد، لذا انتخاب ارقام متحمل به قطع آبیاری در مراحل انتهایی دارای اهمیت است. براساس نتایج به‌دست آمده تنش قطع آبیاری آخر فصل اکثر ویژگی‌های مورد بررسی را تحت تاثیر قرار داد. اعمال قطع آبیاری بر عملکرد و اجزای آن تاثیرگذار بود که نشان‌دهنده واکنش متفاوت ارقام نسبت به شرایط قطع آبیاری می‌باشد. براساس یافته‌های حاصل از آزمایش، بیشترین عملکرد دانه (۲۰۹۳/۸ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد روغن (۹۸۶/۵۱ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد زیستی (۷۲۰۱/۳ کیلوگرم در هکتار) در هر دو شرایط بدون قطع آبیاری (شاهد) و اعمال قطع آبیاری انتهایی به‌ترتیب از رقم هایولا ۴۸۱۵ و کمترین مقدار آن از رقم جانکوم حاصل شد. در مجموع نتایج نشان داد که ارقام هایولا ۴۸۱۵، لانگ-پاد و سولار جهت کشت در شرایط بدون اعمال قطع آبیاری و قطع آبیاری انتهایی مناسب هستند.

References

1. Aboodeh, H., Moradi Telavat, M. R., Moshattati, A., & Mousavi, S. H. (2020). The response of morphology, yield and components of spring safflower genotypes to different sowing dates. *Journal of Crop Production and Processing*, *9*(4), 215-227. (in Persian). https://doi.org/10.47176/jcpp.9.4.22255
2. Ghasemian Ardestani, H., Jahan, M., & Shirani Rad, A. H. (2020). Investigation of qualitative traits of rapeseed cultivars in autumn and winter crops under the influence of different irrigation regimes. *Environmental Stresses in Agricultural Sciences*, *12*(2), 429-443.
3. Ghassemi, S., Ghassemi-Golezani, K., & Zehtab-Salmasi, S. (2018). Changes in antioxidant enzymes activities and physiological traits of ajowan in response to water stress and hormonal application. *Scientia Horticulturae*, *24*, 957-964. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.086
4. Heidarzade, A., Esmaeili, M. A., Bahmanyar, M. A., & Abbasi, R. (2015). Response of soybean (*Glycine max*) to molybdenum and iron spray under well-watered and water deficit conditions. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, *4*(1), 37-46. https://doi.org/10.18006/2015.4(1).37.46.
5. Hu, Q., Wei, H., Yin, Y., Zhang, X., Liu, L., Shi, J., Zhao, Y., Qin, L., Chen, C., & Hanzhong, W. (2016). Rapeseed research and production in China. *The Crop Journal*, *5*(2), 127-135. https://doi.org/10.1016/j.cj.2016.06.005.
6. Jafarzadeh Ghahdrijani, M., Majidi, M. M., Mirlohi, A. F., & Ebrahimiyan, M. (2015). Response to direct and indirect selection of grain yield, oil and yield components in canola varieties under normal and soil moisture stress. *Journal of Plant Production*, *37*(3), 129 -141.
7. Jain, S., Yue-Lioang, R., Mei-wang, L. E., Ting-Xian, Y., Xiao-Wen, Y., & Hong-Ving, Z. (2010). Effect of drought stress on sesame growth and yield characteristics and comprehensive evaluation of drought tolerance. *Chinese Journal of Oil Crops Sciences*, *4*, 42-48.
8. Keerthi, P., Pannu, R. K., & Dhaka, A. K. (2017). Effect of sowing dates and nitrogen levels on total dry matter and its partitioning at different growth stages and yield of Indian mustard (*Brassica juncea* L.). *Agricultural Science Digest*, *37*(1), 27-31. http://doi.org/10.18805/asd.v0iOF.7336.
9. Khalili, M., & Hamze, H. (2019). Effect of super-adsorbent and irrigation levels on quantitative and qualitative characteristics of sugar beet (*Beta vulgaris*). *Journal of Crop Ecophysiology*, *3*(51), 395-412. https://doi.org/10.30495/jcep.2019.669706.669706.
10. Khayat Moghadam, M. S., Gholami, A., Shirani Rad, A. H., Firoozabadi Brothers, M., & Abbas Dokht, H. (2022). Agronomic study of spring rapeseed genotypes under late season drought stress and foliar application of potassium silicate. *Environmental Stress in Crop Sciences*, *3*(14), 649-663. (in Persian).
11. Liang, D., Ni, Z., Xia, H., Xie, Y., Lv, X., Wang, J., Lin, L., Deng, Q., & Luo, X. (2018). Exogenous melatonin promotes biomass accumulation and photosynthesis of kiwifruit seedlings under drought stress. *Scientia Horticulturae*, *246*, 34-43. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.058
12. Mamnabi, S., Nasrollahzadeh, S., Ghassemi-Golezani, K., & Yaghoub Raei, Y. (2021). Morpho-physiological traits, grain and oil yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) affected by drought stress and chemical and bio-fertilizers. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, *30*(3), 359-377. (in Persian).
13. Mokari, M., Abedinpour, M., & Dehghan, H. (2020). Effect of drought stress and planting date on grain yield and water use efficiency of autumn wheat in Kashmar Region. *Journal of Water Research in Agriculture*, *34*(2), 168-186. (in Persian). https://doi.org/10.22092/jwra.2020.122256.
14. Nadeem, T. M. H., Imran, M., & Kamil Husain, M. (2002). Evaluation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) inbred lines for drought tolerance. *International Journal of Agriculture and Biology*, *25*, 398-400. 1560–8530/2002/04–3–

398–400.

15. Nazeri, P., Shirani Rad, A. H., ValadAbadi, S. A., Mirakhori, M., & Hadidi Masoule, E. (2021). The effect of planting date and late season drought stress on Eco-physiological characteristics of the new varieties of Canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Agroecology*, *11*(1), 261-276. (in Persian). https://doi.org/10.22067/jag.v11i1.67311.
16. Porim. (1995). *Porim Test Methods.* Palm Oil Research Institute of Malaysia, p. 72-75, 40-42, 92-101, 33-36, 37-39, 64-65. Minisry of Primary Industries, Malaysia.
17. Safavi Fard, N., Shirani Rad, A. H., Daneshian, J., Shahsavari, N., & Ghaffari, M. (2020). Response of Canola Cultivars and Hybrids to WinterCultivation under Late Season Drought Stress. *Agricultural Science and Sustainable Production*, *30*(4), 198-185. https://doi.org/10.22034/saps.2020.12311.
18. Sepanlo, N., Talebi, R., Rokhzadi, A., & Mohammadi, H. (2014). Morphological and physiological behavior in soybean (*Glycine max*) genotypes to drought stress mplemented at pre- and post-anthesis stages. *Acta Biologica Szegediensis*, *58*(2), 109-113.
19. Seyed Ahmadi, A. A., Bakhshandeh, A. L., & Qarineh, M. H. (2015). Evaluation of physiological characteristics and grain yield of rapeseed cultivars under drought stress at the end of the season in Ahvaz climate. *Iranian Journal of Field Crop Research*, *13*(1), 71-80. (in Persian).
20. Sinaki, J. M., Majidi Heravan, E., Shirani Rad, A. H., Noormohamadi, G., & Zarei, G. (2007). The effect of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, *2*, 417-422.
21. Tasdighi, H., Salehi, A., Movahhedi Dehnavi, M., & Behzadi, Y. (2015). Survey of yield, yield Components and Essential Oil of *Matricaria chamomilla* L. With Application of Vermicompost and Different Irrigation Levels. *Agricultural Science and Sustainable Production*, *25*, 61-78.
22. Zali, H., Hasanloo, T., Sofalian, O., & Asghari, A. (2020). Evaluation of drought stress effect on seed oil yield and fatty acid composition in canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Environmental Stress in Crop Sciences*, *13*(3), 735-747. (in Persian). https://doi.org/10.22077/escs.2020.2205.1552.
23. Zareei Siahbidi, A., & Rezaeizad, A. (2019). Study on response of some oilseed rape genotypes to drought stress. *Applied Research in Field Crops*, *32*(4), 59-75. (in Persian). https://doi.org/10.22092/aj.2019.121181.1266.
24. Zavareh, M., & Emam, E. (2008). A guide to identifying the life stages of canola. *Iranian Journal of Field Crop Sciences*, *1*, 1-14. (in Persian).
25. Zhang, H., Berger, J. D., & Milroy, S. P. (2013). Genotype × environment interaction studies highlight the role of phenology in specific adaptation of canola (*Brassica napus*) to contrasting Mediterranean climates. *Field Crops Research*, *144*, 77-88. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.01.006